



“三五”应用型规划教材

CAILIAO LIXUE

材料力学

主 编 黄 巍 屠 娟

副主编 辛雪丽 安丽娟 曾 翔 塔 娜



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

应用型规划教材

材 料 力 学

主 编 黄 巍 屠 娟

副主编 辛雪丽 安丽娟

曾 翔 塔 娜



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是高等教育“十三五”应用型规划教材。全书内容包括材料力学的基础知识,拉伸、压缩与剪切,平面图形的几何性质,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态和强度理论,组合变形强度计算,压杆稳定,能量法,超静定结构,动荷载和疲劳强度,共十四个项目。每一项目的例题经过精心挑选,注重理论与实际问题结合,并配有解题分析;每一项目均安排结论与讨论、力学名人简介、素质拓展和实训版块。

本教材从力学素质教育出发,注重基本概念和分析方法的讲述,以及工程应用的实例分析。本书内容选取在满足教材基本要求的基础上,通过每一项目的结论与讨论和素质拓展两个版块,为有潜力的学生留有深入学习的余地。

本书可作为高等院校冶金、机电、化工、环境、建筑、轻工等工程类专业的教材,也可作为各类自考人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/黄巍,屠娟主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.8

ISBN 978-7-114-14120-1

I. ①材… II. ①黄…②屠… III. ①材料力学-高等学校-教材 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 210921 号

Cailiao Lixue

书 名: 材料力学

著 作 者: 黄巍 屠娟

责任编辑: 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市华审彩色印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16

字 数: 394 千

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14120-1

定 价: 38.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

力学作为工程科学与技术的先导和基础,可以为新的工程领域提供概念和理论,为越来越复杂的工程设计与分析提供有效的方法。材料力学是高等院校众多工科专业开设的一门专业基础课程,对于培养学生的工程设计能力和工程创新能力有着不可替代的作用。随着 21 世纪科学技术的迅猛发展,高等教育对工程素质和能力培养的要求越来越高。结合创新型国家建设的需要,为了更好地培养工程应用型人才,编者将近年来教学改革和研究成果及实践引入本书,组织编写了本教材。

本书在编写过程中,吸收了国内现有教材的优点,同时结合教学实际对部分内容进行了修订,突出了本书培养工程思维、加强工程训练的特点。编写中注重对材料力学基本概念和基本方法的阐述,注重对问题求解的讨论,以便使学生概念清晰、方法明确,达到举一反三的学习目的。在内容编排方面,书中每一项目都增加结论与讨论、素质拓展和力学名人简介三个部分,便于学生了解本项目的主要内容、基本要求及一些典型问题的求解方法,为学生复习和提高提供帮助。

本书共十四个项目,内容包括材料力学的基础知识,拉伸、压缩与剪切,平面图形的几何性质,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态和强度理论,组合变形强度计算,压杆稳定,能量法,超静定结构,动载荷和疲劳强度。

本书由哈尔滨学院黄巍、重庆房地产职业学院屠娟担任主编,天津第一商业学校辛雪丽、哈尔滨商业大学安丽娟、海南大学曾翔、内蒙古师范大学塔娜担任副主编。全书由黄巍、屠娟统编定稿,具体编写分工如下:项目一任务一至任务四、项目四、项目九、项目十三、项目十四由黄巍编写;项目八、项目十由屠娟编写;项目一任务五、项目二由辛雪丽编写;项目五、项目七由安丽娟编写;项目三、项目十一由曾翔编写;项目六、项目十二由塔娜编写。本书可作为普通高等院校冶金、机电、化工、环境、建筑、轻工等工程类专业的教材,也可作为各类自考人员和工程技术人员的参考书。

由于作者水平有限,书中可能有缺点、疏漏之处,恳请广大师生提出宝贵意见。

编 者
2017.8

目 录

项目一 材料力学的基础知识	(1)
任务一 材料力学的基本概念	(1)
任务二 可变形固体的基本假设	(2)
任务三 构件危险位置的确定	(2)
任务四 构件的变形	(4)
任务五 工程中常见的变形形式	(5)
项目二 拉伸、压缩与剪切	(10)
任务一 桁架杆件的内力分析	(11)
任务二 桁架杆件的应力计算	(12)
任务三 材料拉伸和压缩时的力学性能实验	(15)
任务四 失效、安全因数和强度计算	(19)
任务五 桁架杆件的变形计算	(22)
任务六 拉伸和压缩时的简单超静定问题	(25)
任务七 连接件的强度计算	(30)
项目三 平面图形的几何性质	(39)
任务一 静矩和形心	(39)
任务二 惯性矩和惯性积	(41)
任务三 惯性矩和惯性积的平行移轴公式	(42)
任务四 惯性矩和惯性积的转轴公式	(43)
项目四 扭转	(49)
任务一 传动轴的内力分析	(50)
任务二 纯剪切应力计算	(51)
任务三 传动轴的应力和强度计算	(53)
任务四 传动轴的变形与刚度计算	(57)
项目五 弯曲内力	(64)
任务一 梁发生弯曲时的内力计算	(65)
任务二 梁发生弯曲时的内力图	(67)

项目六 弯曲应力	(78)
任务一 梁发生纯弯曲时的正应力计算	(79)
任务二 梁发生横力弯曲时的正应力和强度计算	(81)
任务三 梁发生横力弯曲时的切应力和强度计算	(85)
项目七 弯曲变形	(94)
任务一 工程中的弯曲变形问题	(94)
任务二 积分法求梁的位移	(95)
任务三 叠加法求梁的位移	(101)
任务四 简单超静定梁	(107)
项目八 应力状态和强度理论	(114)
任务一 应力状态	(115)
任务二 二向应力状态分析	(116)
任务三 三向应力状态分析	(123)
任务四 广义虎克定律	(126)
任务五 复杂应力状态的应变能密度	(130)
任务六 寻找材料失效的原因	(132)
任务七 强度理论的应用	(135)
项目九 组合变形强度计算	(143)
任务一 斜弯曲	(144)
任务二 钻床立柱的强度计算	(148)
任务三 曲拐轴的强度计算	(150)
项目十 压杆稳定	(158)
任务一 各种类型压杆的临界压力计算	(160)
任务二 各种类型压杆的临界应力计算	(163)
任务三 压杆的稳定计算	(168)
任务四 提高压杆稳定性的措施	(171)
项目十一 能量法	(179)
任务一 杆件应变能的计算	(180)
任务二 互等定理	(186)
任务三 卡氏定理	(188)
任务四 单位载荷法莫尔积分	(191)
项目十二 超静定结构	(202)
任务一 用力法解超静定结构	(204)

任务二	对称和反对称性质的利用	(210)
项目十三	动载荷	(218)
任务一	起重机起吊过程中的力学分析	(218)
任务二	匀速转动的飞轮的力学分析	(220)
任务三	冲击过程中的力学分析	(221)
项目十四	疲劳强度(交变应力)	(229)
任务一	工程中的交变应力问题	(229)
任务二	材料的疲劳极限	(232)
任务三	构件的疲劳极限	(234)
任务四	工程构件的疲劳强度	(239)
参考文献		(247)

项目一 材料力学的基础知识

给我五个系数,我将画出一头大象;给我六个系数,大象将会摇动尾巴。

——柯西



基础理论版块

在理论力学中,我们忽略了物体的变形,将研究对象抽象为刚体,研究其平衡时的受力条件和未知力的求解方法。实际上,物体在受力后其形状和尺寸都会或多或少发生变化。如果受力过大,物体还会产生破坏。材料力学将进一步研究物体受力变形和破坏的规律,为工程设计提供理论依据。

任务一 材料力学的基本概念

一、构件的承载能力要求

在机械、航空航天、能源、动力、土木、水利、材料、化工、冶金等众多工程领域中,广泛使用着各种机械和工程结构。这些机械和工程结构都是由许多零件或元件(如轴、销、杆、梁、柱等)组成,统称为构件。

构件由金属材料、工程塑料、复合材料、混凝土、木材等固体材料制成。当构件工作时,一般都受到载荷的作用,发生形状和尺寸的变化。作用在构件上的外部作用力称为外力,当外力大到一定限度时,构件会发生破坏。为保证机械或结构能够正常工作,要求构件具有一定的承载能力。它包括以下三个方面。

1. 强度要求

构件工作时,不应该发生断裂或明显的永久变形。例如,水坝在水压力下不发生破坏;压力容器不发生破裂。因此,要求构件必须具有足够的抵抗破坏的能力,即具有足够的强度。

2. 刚度要求

构件工作时,构件即使有足够的强度,但若变形超过允许的限度,也会导致机器设备不能正常工作。例如,若齿轮轴变形过大,将会使齿轮和轴承发生偏磨,影响正常工作。因此,要求构件必须具有足够抵抗变形的能力,即具有足够的刚度。

3. 稳定性要求

对于细长的受压构件,如内燃机的挺杆、厂房结构中的立柱等,即使有足够的强度,工作时也可能失去原有的直线平衡状态而被压弯。因此,要求构件必须具有足够的保持原有平衡形态的能力,即具有足够的稳定性。

二、材料力学的任务

在设计构件时,可以通过选择合适的材料、构件横截面形状和尺寸来保证构件的承载能力(安全性)要求,同时也应考虑合理地使用和节约材料,达到经济性要求。材料力学的任务就是研究构件在外力作用下的变形和破坏规律,为设计既经济又安全的构件提供有关强度、刚度、稳定性分析的基本理论和计算方法。

构件的承载能力与所用材料在外力作用下表现出的变形和破坏规律即材料的力学性能密切相关,而力学性能必须通过实验来测定。某些较复杂的问题也须借助实验方法来解决。因此,实验研究和理论分析一样,都是解决材料力学问题的基本方法。

任务二 可变形固体的基本假设

实际工程构件所用材料多种多样,其力学性能十分复杂。在材料力学中,为了研究构件在外力作用下的变形和破坏规律,通常略去材料的一些次要属性,将材料抽象为理想化的模型。对这种理想化的变形固体材料,通常做以下基本假设。

1.连续性假设——认为构件整个体积内无空隙地充满了材料。这样,构件的力学量就是坐标的连续函数,并可进行极限分析。

2.均匀性假设——认为构件是由同一均匀材料组成,各点的力学性能相同。这样,从构件中取出任一微小部分进行分析计算和试验,其结论适用于整个构件。

3.各向同性假设——认为构件材料沿各个方向具有相同的力学性能。

虽然从微观上材料很难满足上述基本假设,但在宏观上可以认为材料的性质是连续、均匀和各向同性的。实践证明,在工程计算的精度范围内,上述三个基本假设可以获得满意的结果。

任务三 构件危险位置的确定

在材料力学中,为了研究构件在外力作用下的强度、刚度、稳定性等,往往需要分析其在变形过程中,内部各部分之间的相互作用。

一、内力的概念

作用于构件上的载荷和支反力统称为外力。构件不受外力时,内部各部分之间存在着相互作用力,使构件维持一定的形状。当构件受到外力作用时,构件会发生变形,同时内部各部分之间的相互作用力也发生了改变。这种因外力作用而引起的构件内部各部分之间相互作用力的改变量,称为附加内力,简称内力。可见,构件的内力是由外力引起的,是随外力的增大而增大的,当内力大到一定程度后就会引起材料的破坏。因此,内力与强度问题密切相关。

二、截面法

图 1-1(a)所示构件在外力作用下处于平衡状态。为了显示并确定 $m-m$ 截面上的内

力,用平面假想地将构件沿 $m-m$ 截面截为 I、II 两部分,如图 1-1(b)和(c)所示。任取其中一部分研究,例如 I,可将 II 看作是 I 的约束,II 对 I 的约束力是分布在 $m-m$ 截面上的分布力,一般将分布力向截面形心简化后的合力 F_R 和合力偶 M_0 称为该截面上的内力,如图 1-1(d)所示。根据静力学原理,取 I 研究画出受力图后,列平衡方程就可解出 $m-m$ 截面上的内力值。同样,若取 II 研究,也可用相同的步骤求出 $m-m$ 截面上的内力,且两种求法求出的内力是构成作用力和反作用力关系的相等的力。

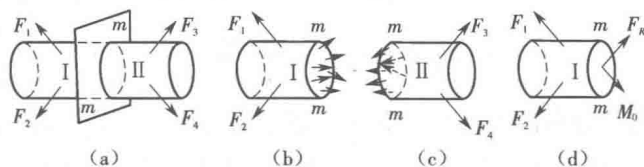


图 1-1 截面法求内力示意图

上述这种显示并确定截面内力的方法称为截面法。可归纳为三个步骤。

- (1) 截取——沿欲求内力的截面处将构件假想地截断,任取其中一部分研究。
- (2) 代替——用内力代替另一部分对研究对象的作用。
- (3) 平衡——列平衡方程,确定未知的内力。

【例 1-1】 电力机车架空线立柱结构如图 1-2(a) 所示,已知力 F 和长度 l ,试求立柱 $m-m$ 截面上的内力。

解: (1) 取研究对象 沿 $m-m$ 截面假想将立柱截为两段,取上半段研究。

(2) 受力分析 根据外力 F 的特点, $m-m$ 截面上的内力应有向上的力 F_N 和逆时针的力偶 M ,如图 1-2(b) 所示。

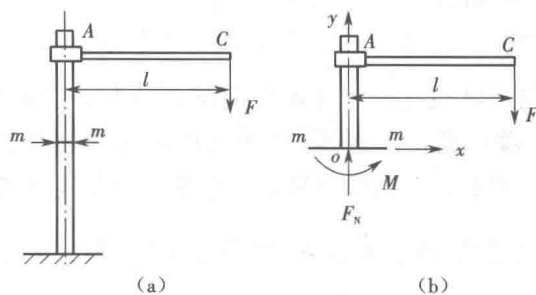


图 1-2 求立柱内力示意图

(3) 列平衡方程求内力

$$\begin{aligned}\sum Y=0, \quad F_N-F=0 \\ \sum M_O(F)=0, \quad Fl-M=0\end{aligned}$$

求得内力

$$F_N=F, M=Fl$$

三、应力的概念

用截面法只能确定截面上分布内力的合力,不能确定其分布情况。为了分析构件的强度,须进一步研究截面上内力的分布情况,因此引入应力的概念。

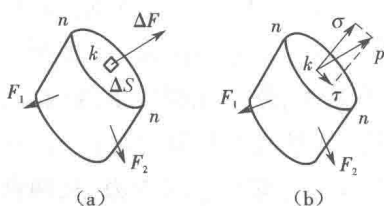


图 1-3 应力概念示意图

假设在 $n-n$ 截面上围绕 k 点取微小面积 ΔS , ΔS 上分布内力的合力为 ΔF (图 1-3(a)), 则称比值

$$p_m = \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

为 ΔS 上的平均应力。一般情况下, 平均应力的大小和方向随所取面积 ΔS 的大小而变化, 当 ΔS 趋近于零时, p_m 的大小和方向都趋近于一个极限值

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} p_m = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

称为 k 点的应力。它是分布内力系在 k 点的分布集度, 反映了内力系在 k 点的作用强弱。 p 是矢量, 通常分解为垂直于截面的应力分量 σ 和切于截面的应力分量 τ (图 1-3(b)), 分别称为正应力和切应力。

应力的单位是 Pa (帕), 称为帕斯卡, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。由于这个单位太小, 常用单位为 MPa, $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} = 1 \text{ N/mm}^2$ 。

任务四 构件的变形

一、变形和位移

在外力作用下, 构件局部产生形状和尺寸的改变, 使构件上各点的空间位置发生改变。我们将构件局部形状和尺寸的改变称为变形, 将各点的空间位置的改变量称为位移。位移由变形产生, 但该点存在位移并不能说明该点一定有变形。这里所讨论的位移只是由构件变形引起的位移, 而不包括构件的刚性位移。

二、正应变和切应变

构件的变形包括几何形状改变和尺寸改变两部分。为了定量研究构件上某一点附近的变形, 设想围绕该点取微小的正六面体 (当正六面体的棱边长趋于无穷小时称为单元体), 如图 1-4(a) 所示。变形后六面体的棱边长度和棱边的夹角都将改变 (图 1-4(b) 和 (c))。设变形后 x 方向的棱边 AB 由原长 Δx 变为 $\Delta x + \Delta u$ (图 1-4(b)), 则比值 $\varepsilon_m = \frac{\Delta u}{\Delta x}$ 称为 AB 沿 x 方向的平均正应变。逐渐缩小 AB 的长度, 使 Δx 趋于零, 便得到 A 点沿 x 方向的正应变, 即

$$\varepsilon_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x}$$

可见, 正应变就是该点在 x 方向长度的变化率。用同样的方法可以确定 A 点沿其他方向上的正应变。正应变是一个无量纲的代数量, 当正应变大于零时, 表示该棱边伸长; 当正应变小于零时, 则表示该棱边缩短。正应变也称为线应变或简称为应变。

单元体的变形除了有棱边长度的改变外, 还有棱边所夹直角的改变 (图 1-4(c))。直角的改变量 γ 称为 A 点在 xy 平面内的切应变。切应变的单位为弧度 (rad)。

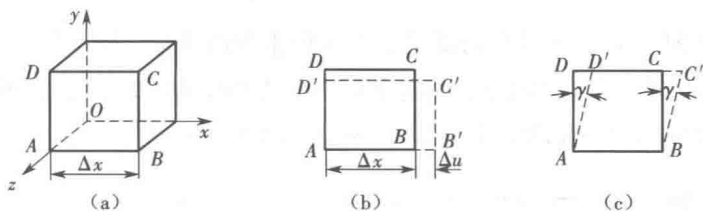


图 1-4 应变概念示意图

如果设想将构件分割成无数个单元体,每个单元体的变形的积累,就形成了整个构件的变形。实际上,构件的变形一般是极其微小的。因此,在静力学分析中,可以不考虑因变形引起的尺寸变化,这样在研究平衡问题时,仍按构件的原始尺寸进行计算,使问题大大简化。通常称上述结论为小变形假设。

任务五 工程中常见的变形形式

实际的工程构件几何形状千差万别,材料力学主要研究杆件。所谓杆件,是指其长度方向的尺寸远大于横向尺寸的一类构件。杆件的轴线是杆件各横截面形心的连线。轴线垂直于横截面穿过截面形心。轴线为直线的杆为直杆;轴线为曲线的杆为曲杆。横截面不变的杆为等截面杆;横截面改变的杆为变截面杆。工程中的很多构件可以简化为杆件,如连杆、传动轴、立柱、屋架梁等。

杆件在工作时所受外力不同,所产生的变形也各不相同。杆件变形有以下四种基本形式。

(1) 轴向拉伸和压缩 如图 1-5 所示托架的拉杆和压杆受力后分别产生轴向拉伸和轴向压缩变形。这类变形是由大小相等、方向相反、作用线与轴线重合的一对力引起,变形表现为杆件长度的伸长或缩短。

(2) 剪切 如图 1-6 所示连接件中的螺栓受力后产生剪切变形。这类变形是由大小相等、方向相反、作用线相距很近的平行力引起,变形表现为受剪杆件的两部分在受剪面发生相对错动。

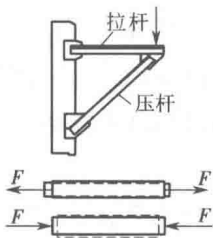


图 1-5 轴向拉伸、压缩

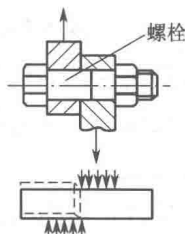


图 1-6 剪切

(3) 扭转 如图 1-7 所示机器的传动轴受力后产生扭转变形。这类变形是由大小相等、方向相反、作用面垂直于杆件轴线的两个力偶引起,变形表现为杆件的各横截面绕轴线

的相对转动。

(4)弯曲 如图 1-8 所示吊车的横梁受力后产生弯曲变形。这类变形是由垂直于杆件轴线的横向力或由作用于包含轴线的纵向平面内的力偶引起,变形表现为杆件轴线由直线变为曲线或轴线的曲率发生改变。

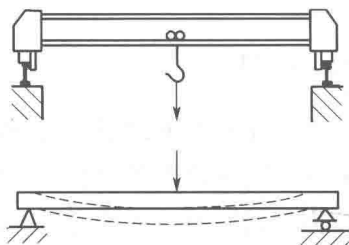


图 1-8 吊车的横梁弯曲变形

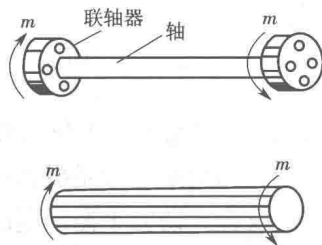


图 1-7 圆轴扭转

杆件受力后除了会发生上述某一种基本变形形式外,还可能同时发生几种基本变形,这种情况称为组合变形。以后各章中,先分别讨论基本变形的强度、刚度问题,然后再讨论组合变形。



结论与讨论

1. 几个重要的概念

- 强度——构件抵抗破坏的能力。
- 刚度——构件抵抗变形的能力。
- 稳定性——构件保持原有平衡形态的能力。
- 应力——截面一点处的内力集度称为应力,应力为矢量。
- 正应力——垂直于截面的应力分量,用符号 σ 表示。
- 切应力——平行于截面的应力分量,用符号 τ 表示。
- 线应变——构件内一点处在某个方向上单位长度的尺寸变化量,用符号 ε 表示。
- 切应变——构件一点处在指定平面内两垂直线段的直角改变量,用符号 γ 表示。

2. 材料力学的基本假设

- 连续性假设——认为构件整个体积内无空隙地充满了材料。
- 均匀性假设——认为构件是由同一均匀材料组成,各点的力学性能相同。
- 各向同性假设——认为构件材料沿各个方向具有相同的力学性能。

3. 截面法

截面法是对杆件进行内力分析的基本方法。截面法求内力的步骤为:①截取——沿欲求内力的截面处将构件假想地截断成两部分,任取其中一部分研究。②代替——用内力代替另一部分对研究对象的作用。③平衡——列平衡方程,确定未知的内力。

4. 杆件变形的形式

轴向拉伸或压缩、剪切、扭转、弯曲。



素养拓展版块

“泰坦尼克号”沉没之谜

1912年4月12日是个悲惨的日子,这一天,英国豪华客轮泰坦尼克号在驶往北美洲的处女航行中不幸沉没。这次沉船事件致使1523人葬身鱼腹,是人类航海史上最大的灾难,震惊世界。这么多年来,泰坦尼克号沉没的真正原因,一直是人们探索的焦点。1985年,人们在纽芬兰附近海域发现了沉没的泰坦尼克号残骸。探索者们利用各种先进技术,甚至潜入冰冷黑暗的深海,企图揭示泰坦尼克号沉没的原因。直到1996年8月,一支由几个国家潜水专家、造船专家及海洋学家组成的国际考察队深入实地进行了探测。不探则已,一探惊人。一个全新的说法打破了著名电影《泰坦尼克号》广为人们所接受的剧情。在这部电影里,这艘近275m的豪华客轮,被迎面漂来的冰山撞开了约92m长的裂缝后,船舱进水,很快沉没在纽芬兰附近海域。然而这次探测的结果表明,泰坦尼克号并不是被迎面漂来的大冰山撞开一个大裂口而沉没的。他们的声波探测仪找到了船的“伤口”。“伤口”并不是92m那么长,而是有6处小“伤口”,总的损坏面积仅有3.7~4m。研究人员为了增强这种说法的可信度,利用那些数据在计算机上模拟了灾难发生的过程,结论是肯定的:当时进水的6个舱室并不是平均进水的,有的进水量大,有的进水量小,这说明撞开的洞口有大有小。其实,在当时该船的设计师爱德华·威尔丁已经提出了这个情况,可是这个非常重要的证言被有意或无意地忽略了。因为当时的人们很难接受这样一个事实:一艘如此精良的巨轮只撞了6个小洞就沉没了!

从力学角度分析,造成其沉没的原因主要有这么两个:

一是造船工程师们只考虑了船底、船尾和船首有被撞坏的可能性。在深夜里“泰坦尼克号”遭遇冰山,当人们发现并想躲避时却为时已晚。如果值班人员没有发现冰山,轮船直接撞上去,或许轮船受损进水的只是船首部分的船舱,船一定不会整体沉没。而事实上,值班人员发现了冰山,并尝试着让轮船转身来躲避,这样一来,冰山就像一把利刃从船的侧面切入,把船拦腰斩断,从而导致所有的船舱进水,使得“泰坦尼克号”在几个小时之内迅速沉没。

二是造船工程师们只考虑了要增加钢的强度,而没有考虑到要增加钢的韧性。把残骸的金属碎片和如今的造船金属钢材进行对比试验,发现在“泰坦尼克号”沉没地点的水温中,如今的造船钢材在受到撞击时可以弯成V形,而残骸上的钢材则因韧度不够而很快断裂。由此发现了钢材的冷脆性,即在 $-40\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下,钢材的力学行为由韧性变成了脆性,从而导致灾难性的脆性断裂,以致酿成了“泰坦尼克号”沉没的悲剧。

另外美国《纽约时报》报道,一个海洋法医专家组对打捞上来的“泰坦尼克号”船壳上的铆钉进行了分析,发现固定船壳钢板的铆钉里含有许多的玻璃状碴粒,因而使得铆钉变得非常脆弱,容易断裂。这一分析表明:在冰山的撞击下,可能是铆钉断裂导致船壳解体,最终使“泰坦尼克号”葬身于大西洋海底。



力学名人



柯西(1789—1857),出生于巴黎,是一位虔诚的天主教徒,在数学领域有很高的建树和造诣。很多数学的定理和公式也都以他的名字来称呼,如柯西不等式、柯西积分公式等,柯西的数学成就不仅辉煌,而且数量惊人。柯西全集有 27 卷,其论著有 800 多篇,在数学史上是仅次于欧拉的多产数学家。他的光辉名字与许多定理、准则一起铭记在现今许多教材中。柯西在其他方面的研究成果也很丰富。复变函数的微积分理论就是由他创立的。在代数、理论物理、光学、弹性理论方面,也有突出贡献。

柯西在力学方面是弹性力学数学理论的奠基人。他在 1823 年的《弹性体及流体(弹性或非弹性)平衡和运动的研究》一文中,提出(各向同性的)弹性体平衡和运动的一般方程(后来他还把这方程推广到各向异性的情况),给出应力和应变的严格定义,提出它们可分别用六个分量表示。柯西在担任巴黎大学力学教授后,重新研究连续介质力学。在 1822 年的一篇论文中,他建立了弹性理论的基础。这篇论文对于流体运动方程同样有意义,它比 C.L.M.H.纳维于 1821 年得到的结果晚,但采用的是连续系统的模型,所得结果也比纳维的更普遍。1828 年,他在此基础上提出的流体方程只比现在通用的纳维·斯托克斯方程(1848)少一个静压力项。



实训版块

1-1 构件的强度、刚度和稳定性_____。

- A. 只与材料的力学性质有关
B. 只与构件的形状尺寸有关
C. 与 A 和 B 都有关
D. 与 A 和 B 都无关

1-2 如图 1-9 所示的梁,若力偶 M_e 在梁上移动,则梁的_____。

- A. 支反力变化, B 端位移不变
B. 支反力不变, B 端位移变化
C. 支反力和 B 端位移都不变
D. 支反力和 B 端位移都变化

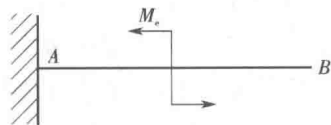


图 1-9

1-3 在下列四种工程材料中,_____不适用各向同性假设。

- A. 铸铁
B. 松木
C. 玻璃
D. 铸铜

1-4 图 1-10 所示杆件受图示轴向拉力 F 作用,试分析 1-1、2-2、3-3 截面上的内力。若设内力沿截面均匀分布,三个截面上的应力是否相同?

1-5 求图 1-11 所示结构中 $m-m$ 和 $n-n$ 截面上的内力,并分析 AB 和 BC 杆的变形形式。

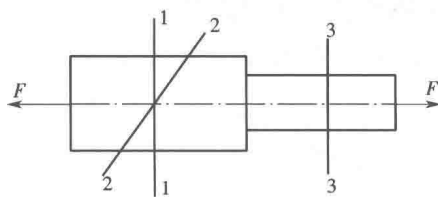


图 1-10

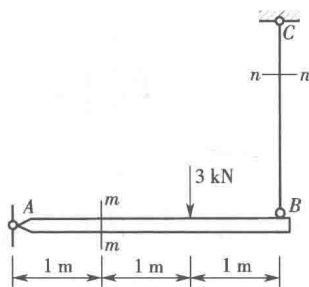


图 1-11

1-6 图 1-12 所示悬臂钻床工作时所受载荷为 F , 用截面法确定 $m-m$ 和 $n-n$ 截面上的内力。

1-7 如图 1-13 所示, 简易吊车梁上作用的力 F 可以左右移动, 试求 1-1 和 2-2 截面上的内力及其最大值。

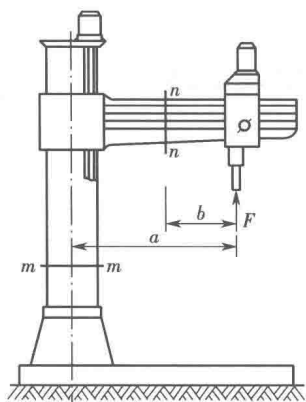


图 1-12

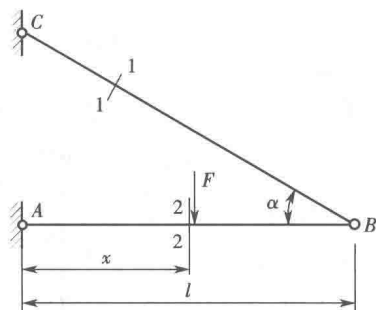


图 1-13

项目二 拉伸、压缩与剪切

生命只适合做两件事：发现数学和教授数学。

——泊松



基础理论版块

在生产实践中经常遇到承受拉伸或压缩的杆件。例如,图 2-1(a) 所示的简单吊物装置的两根杆件,图 2-1(b) 所示的螺杆,图 2-1(c) 所示的桁架等。

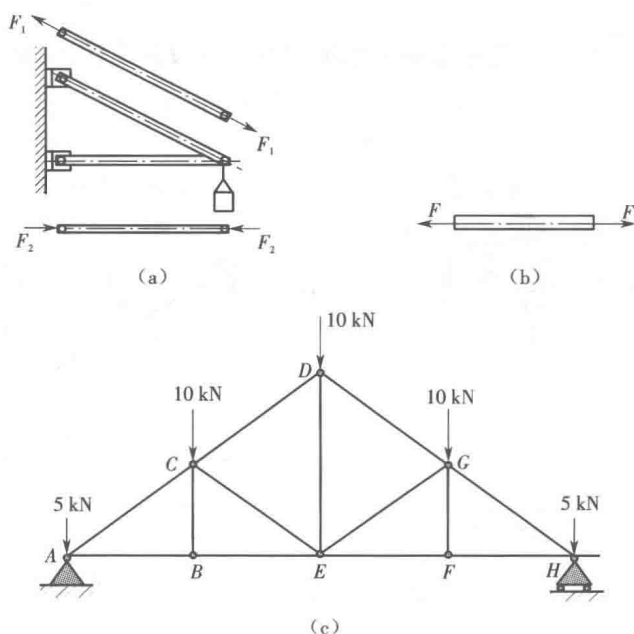


图 2-1 轴向拉伸、压缩实例

这些承受拉伸或压缩的杆件形状和加载方式各不相同,但都会受到一对大小相等、方向相反、作用线沿杆件轴线的力的作用,杆件将发生轴向的伸长或缩短,这样的变形称为轴向的拉伸和压缩变形。

轴向拉伸和压缩杆件的计算简图如图 2-2 所示,从图中可看出当一个杆件发生轴向拉伸和压缩变形时具有如下特点。

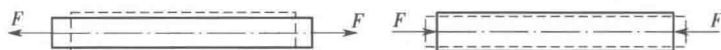


图 2-2 轴向拉伸和压缩杆件的计算简图

(1) 受力特点:外力作用线沿杆轴线方向且与轴线重合。

(2) 变形特点:杆件变形是沿轴线方向的伸长或缩短,横向的缩短或伸长。